

VARIABILIDADE INTERANUAL DO MODELO ACOPLADO OCEANO-ATMOSFERA DO CPTEC

Emanuel Giarolla, Paulo Nobre, Rosane R. Chaves, Marta Malagutti
CPTEC/INPE

Rodovia Presidente Dutra, Km 40, SP-RJ
12630-000, Cachoeira Paulista, SP, Brasil

emanuel@cptec.inpe.br, pnobre@cptec.inpe.br, chaves@cptec.inpe.br, marta@cptec.inpe.br

ABSTRACT

In this paper, 384 monthly means of sea surface temperature (SST) from a global coupled ocean-atmosphere model have been analyzed, and compared with observational monthly means SST values. The comparison has been performed with the aid of EOF analysis, applied to both model and observational normalized sea surface temperature anomalies. The EOF analysis shown the predominance of ENSO phenomena on the global variability, and the model presented more regular succession of El Niño and La Niña events. The model also shown a good agreement with observations when only Pacific and Atlantic were taken into account for the EOF analysis.

INTRODUÇÃO

No estudo dos processos de interação oceano-atmosfera e dos efeitos climáticos influenciados pelos oceanos, os modelos numéricos acoplados estão sendo utilizados com uma frequência cada vez maior. Quando se faz um acoplamento entre um modelo atmosférico e um modelo oceânico, o princípio básico é o de se rodar dois modelos quase simultaneamente: processa-se um deles por um certo instante de tempo, força-se o outro modelo com suas saídas fazendo uma simulação por um outro instante de tempo, força-se novamente o primeiro modelo com as saídas do segundo modelo, e assim sucessivamente. Isso normalmente causa um grande esforço computacional, o que antes limitava as resoluções espaciais e verticais das grades oceânicas e atmosféricas. Com o constante aparecimento de computadores cada vez mais sofisticados, estas limitações têm diminuído, e hoje já é possível a realização de experimentos com alta resolução vertical e espacial.

O Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC/INPE) dispõe de um modelo acoplado oceano-atmosfera, e recentemente um experimento de longa duração com este modelo foi realizado. Neste trabalho, uma das variáveis mais importantes do sistema oceano-atmosfera, a Temperatura da Superfície do Mar (TSM), foi selecionada, e foram feitas análises com auxílio de Funções Ortogonais Empíricas (EOF) para a identificação dos principais modos de variabilidade. Para comparações, foi escolhido um período de mesma duração de dados de TSM do banco de dados GISST (Martinson *et al.*, 1994; Parker *et al.*, 1995; Rayner *et al.*, 1996), e análises semelhantes foram realizadas.

METODOLOGIA

O modelo acoplado utilizado é o modelo oceânico “Modular Ocean Model (MOM)” do GFDL, versão 2, acoplado ao modelo atmosférico do COLA T30L18. O modelo foi aplicado de 0° a 360° de longitude, entre -40° e 40° de latitude, sendo que o modelo oceânico possui 20 níveis verticais e resolução horizontal de 1,5 graus longitudinalmente, variando latitudinalmente de 3,5 graus em latitudes mais altas a 0,5 graus próximo ao Equador, enquanto que o modelo atmosférico apresenta truncamento triangular no número de onda 30 e 18 níveis sigma verticais. Maiores detalhes deste modelo podem ser obtidos em Kirtman *et al.* (1997). A simulação de 32 anos (384 meses) foi feita a partir de condições iniciais do ano de 1999. Médias mensais de TSM foram gravadas durante a simulação.

Em seguida, foram calculadas as anomalias normalizadas de TSM para cada mês, dividindo-se o valor das anomalias pelo desvio padrão correspondente. A grade horizontal de anomalias de TSM normalizadas foi então interpolada para uma grade regular 5° × 5°, e foram feitos cálculos de EOF dos 384 campos mensais de anomalias normalizadas. As análises de EOF foram feitas em 3 casos: para todo o globo, apenas para a região do Atlântico e apenas para a região do Pacífico, para o estudo da influência separada de cada oceano. Adicionalmente, foram

feitas análises espectrais das séries temporais das EOF, para identificar as frequências predominantes na variabilidade.

Para comparações com dados reais, foram escolhidos 384 meses de TSM médias mensais do banco de dados GISST de TSM (Martinson *et al.*, 1994; Parker *et al.*, 1995; Rayner *et al.*, 1996), de janeiro de 1963 a dezembro de 1994, com resolução horizontal de 1° por 1°, e uma metodologia semelhante aos dos resultados do modelo global foi aplicada a estes dados.

RESULTADOS

Na descrição dos resultados, primeiro será feita uma discussão sobre as análises de EOF dos dados do GISST, e em seguida a comparação destas análises com as análises dos resultados do modelo.

TSM GISST: A figura 1 mostra a primeira componente das EOF para as anomalias normalizadas dos dados de TSM GISST. No primeiro caso, onde se consideram todos os oceanos, esta primeira componente explica 19,9% da variância total. No Pacífico, observa-se de maneira marcante a presença do sistema El Niño-La Niña: o padrão da primeira EOF mostra valor oposto quando se compara latitudes mais altas e regiões tropicais entre 180°W e 120°W, formando o contorno típico conhecido como “ferradura”. A série temporal desta primeira componente, com valores positivos predominantes desde o ano de 1963 até o ano de 1976 aproximadamente e valores negativos de 1976 a 1994, mostra a ocorrência de La Niñas mais intensas até 1976 e El Niños mais frequentes a partir deste ano. A análise espectral desta série temporal mostra dois picos de energia principais, um no período de 5,2 anos e o outro, mais intenso, no período de 1,5 anos. Quando se considera apenas o Oceano Pacífico no cálculo das EOF, a primeira componente passa a explicar 23,7% da variância total. O padrão “ferradura” fica mais evidente, com valores maiores do que no caso considerando-se todos os oceanos. A série temporal deste caso é muito semelhante à série temporal do caso global, o que mostra que a variabilidade do Pacífico parece predominar em relação aos outros oceanos na variabilidade global. Quando se computa a análise espectral desta série, o pico de mais baixa frequência não aparece, apenas o pico em 1,5 anos é observado, sugerindo que o sistema El-Niño-La-Niña é o principal responsável por esse pico de energia. Levando-se em conta agora a análise das EOF apenas no Oceano Atlântico, observa-se um padrão com valores maiores nas áreas tropicais, em especial no Atlântico Sul, decrescendo e trocando de sinal em direção às latitudes mais altas. Este padrão também ocorre no caso da análise global, porém menos visível, pelo fato de estarem sendo comparadas com o padrão de variabilidade do Pacífico, que é muito mais evidente. A análise espectral da série temporal da EOF do Atlântico mostra um pico de energia em frequência mais baixa (período de aproximadamente 4 anos) que não aparece no Pacífico, que é a contribuição do Atlântico na variabilidade global.

A figura 2 mostra a segunda componente das EOF para as anomalias normalizadas dos dados de TSM observados. No caso global, o padrão “ferradura” do sistema El-Niño-La-Niña novamente aparece neste modo de variabilidade. Este caso explica agora 8,4% da variabilidade. A análise espectral da série temporal mostra agora concentração de energia em frequências baixas, com máximo nos períodos entre 16 e 6 anos aproximadamente. Quando se considera apenas o Pacífico, observa-se que existe um pico de energia no período de cerca de 4 anos, que é então a representatividade do modo de oscilação El-Niño-La-Niña deste oceano em relação ao oceano global. Considerando-se os resultados das EOF's apenas para o Atlântico, os valores trocam de sinal duas vezes do Atlântico Norte ao Atlântico Sul. A análise espectral da série temporal neste caso mostra energias concentradas principalmente em baixas frequências (período por volta de 16 anos), diferente do caso do Pacífico. Possivelmente este resultado mostra o efeito do dipolo do Atlântico, embora a extensão temporal destes dados seja curta para comprovar este fato, já que o dipolo é descrito como um fenômeno interdecadal. No caso global esta característica também aparece no Atlântico, porém é obscurecida pelos maiores valores do Pacífico.

Comparações com resultados do modelo acoplado: Na figura 3 estão os resultados para a primeira componente das EOF calculadas a partir das anomalias normalizadas de TSM provenientes dos resultados do modelo acoplado. No caso global, existe um padrão muito semelhante ao dos dados GISST (figura 1), com a presença dos valores em forma de “ferradura” no Pacífico. Observando-se a série temporal desta componente, verifica-se que o modelo acoplado apresenta em geral uma sucessão mais regular de eventos El Niño e La Niña. A análise espectral desta série mostra também dois picos como no caso dos dados GISST, porém com maior energia e deslocados: o primeiro pico aparece no período de 16 anos e o segundo, mais intenso, no período de 2 anos aproximadamente. Destacando-se o Pacífico, observa-se que a série temporal da EOF desta região também é muito semelhante ao do caso global, sugerindo que no modelo acoplado também a variabilidade no Pacífico tem uma grande contribuição na variabilidade global. Comparando-se com a figura 1, na análise do Pacífico o pico de energia aparece deslocado, neste caso está no período de 2 anos. O modelo também exhibe um pico secundário em frequências mais baixas, que não existiu no caso das TSM GISST. No caso da análise apenas do Atlântico, esta foi a que mais se aproximou aos dados observados com relação às amplitudes da série temporal das anomalias de TSM. Isto pode ser observado nas

séries temporais das EOF do Atlântico nos dados GISST (figura 1) e nos resultados do modelo (figura 3), onde os valores estão entre $-1,5$ e $2,5$ aproximadamente. No modelo acoplado o pico de energia principal da primeira componente do Atlântico apresenta também deslocamento, estando no período de cerca de 2,7 anos.

Comparando-se agora a figura 4, da segunda componente das EOF obtida da análise das anomalias normalizadas de TSM do modelo, com a figura 2, a figura com os resultados da segunda EOF para os dados GISST percebe-se, no caso global, uma semelhança maior entre a simulação e o GISST nas amplitudes das séries temporais (entre $-1,5$ e 3). Nos resultados do modelo, além do pico de energia em 16 anos, existe ainda um pico secundário no período de 1,6 anos, que não foi observado no caso do GISST. Comparando-se as análises feitas apenas para o Atlântico, aparentemente o modelo apresenta resultados melhores para o Atlântico Norte. O pico principal de energia neste caso está também em frequências mais baixas, no período de 16 anos.

CONCLUSÕES

Este trabalho apresenta uma comparação entre resultados do modelo acoplado oceano-atmosfera do CPTEC/INPE e dados do GISST. A variável escolhida foi a TSM, e cálculos de EOF foram feitas com as anomalias de TSM normalizadas, tanto dos resultados do modelo como dos dados GISST.

As análises de EOF dos resultados do modelo apresentaram um padrão espacial muito semelhante ao dos dados observados na reprodução do fenômeno El-Niño-La Niña. Com respeito à variabilidade interanual do modelo, observou-se, ao longo da simulação, que o modelo apresenta uma sucessão aproximadamente regular de eventos El Niño e La Niña. Levando-se em conta apenas o Atlântico, um importante oceano para diversos sistemas climáticos na América do Sul, o modelo apresentou boa concordância com os dados GISST nas amplitudes das séries temporais das EOFs.

Deve-se levar em conta que o modelo acoplado ainda está em fase de ajuste, com a investigação dos erros sistemáticos dos modelos atmosférico e oceânico e com a realização de experimentos para a definição dos coeficientes de viscosidade adequados. No entanto, neste trabalho fica evidente que este modelo promete se tornar uma boa ferramenta para o estudo dos processos de interação oceano-atmosfera, especialmente na investigação da influência destes processos no clima do Brasil.

REFERÊNCIAS

- Kirtman, B. P., Shukla, J., Huang, B., Zhu, Z. e Scheider, E. K. 1997: Multiseasonal predictions with a coupled tropical ocean global atmosphere system. *Monthly Weather Review* **125(5)**, 789-808.
- Martinson D. G. *et al.* (editors) 1994: Natural Climate Variability on Decade-to-Century Time Scales. National Academy Press, Washington DC, USA.
- Parker, D. E., Folland, C. K. & Jackson, M. 1995: Marine surface temperature: observed variations and data requirements. *Climatic Change* **31**, 559-600.
- Rayner, N. A., Horton, E. B., Parker, D. E., Folland, C. K. e Hackett, R. B. 1996: Version 2.2 of the Global sea-Ice and Sea Surface Temperature Data Set, 1903-1994. *Climate Research Technical Note 74*, unpublished document available from Hadley Centre (<http://www.met-office.gov.uk/research/hadleycentre/obsdata/GISST.html>).

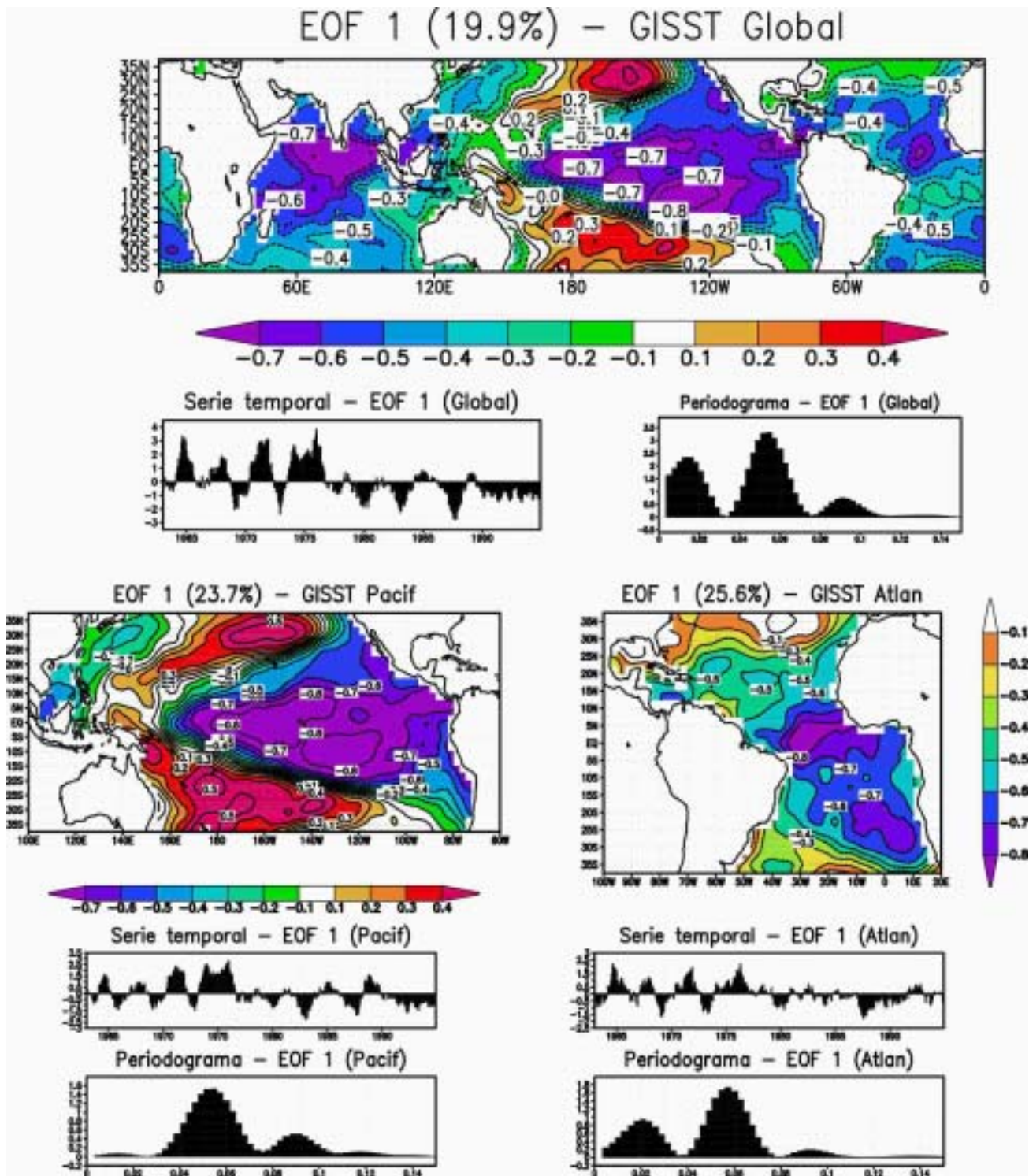


Figura 1: Primeira componente do cálculo de EOF para os valores de anomalias de TSM normalizadas do GISST. Estão representados os casos Global (todos os oceanos), apenas o Pacífico e apenas o Atlântico.

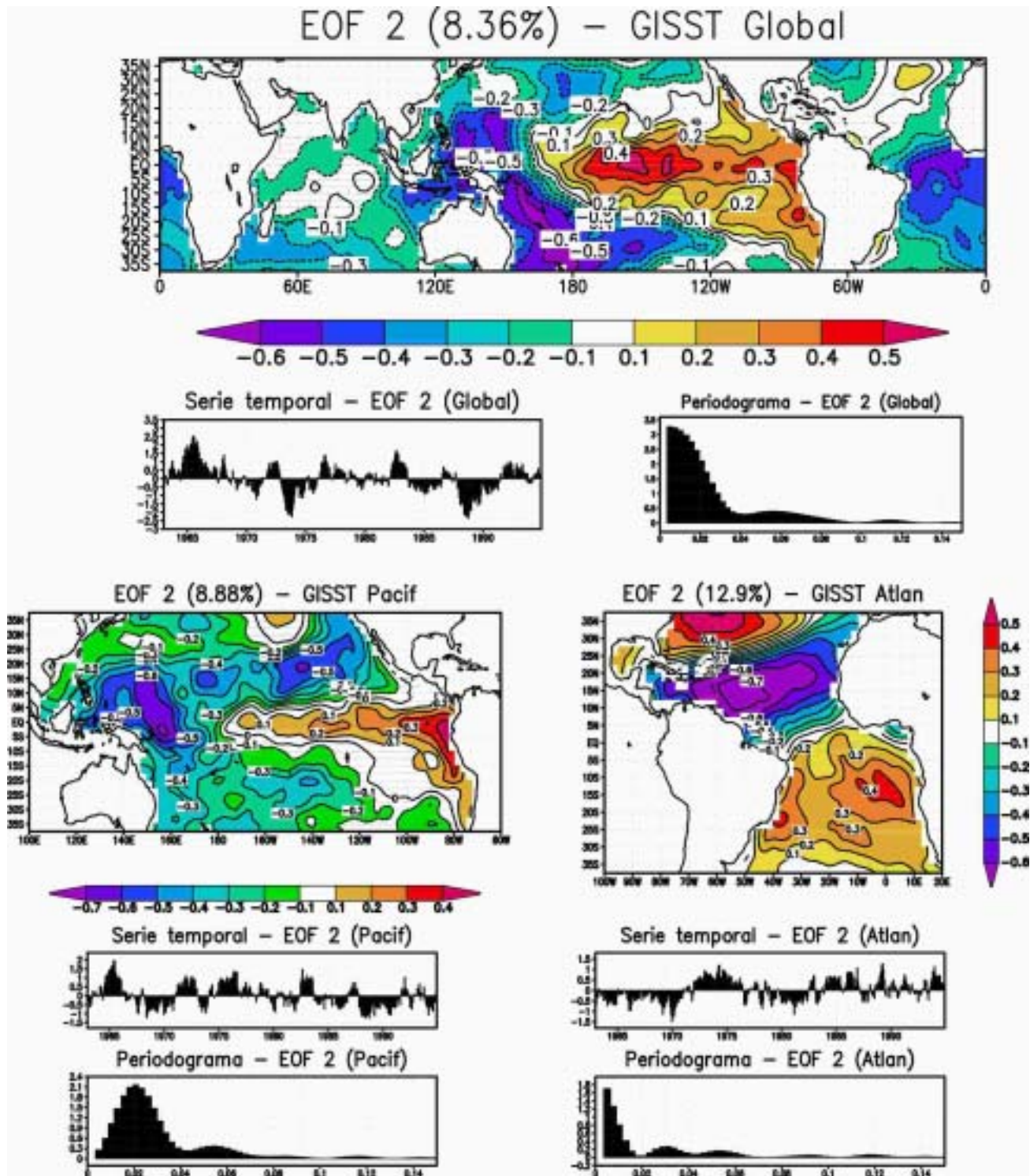


Figura 2: Segunda componente do cálculo de EOF para os valores de anomalias de TSM normalizadas do GISST. Estão representados os casos Global (todos os oceanos), apenas o Pacífico e apenas o Atlântico.

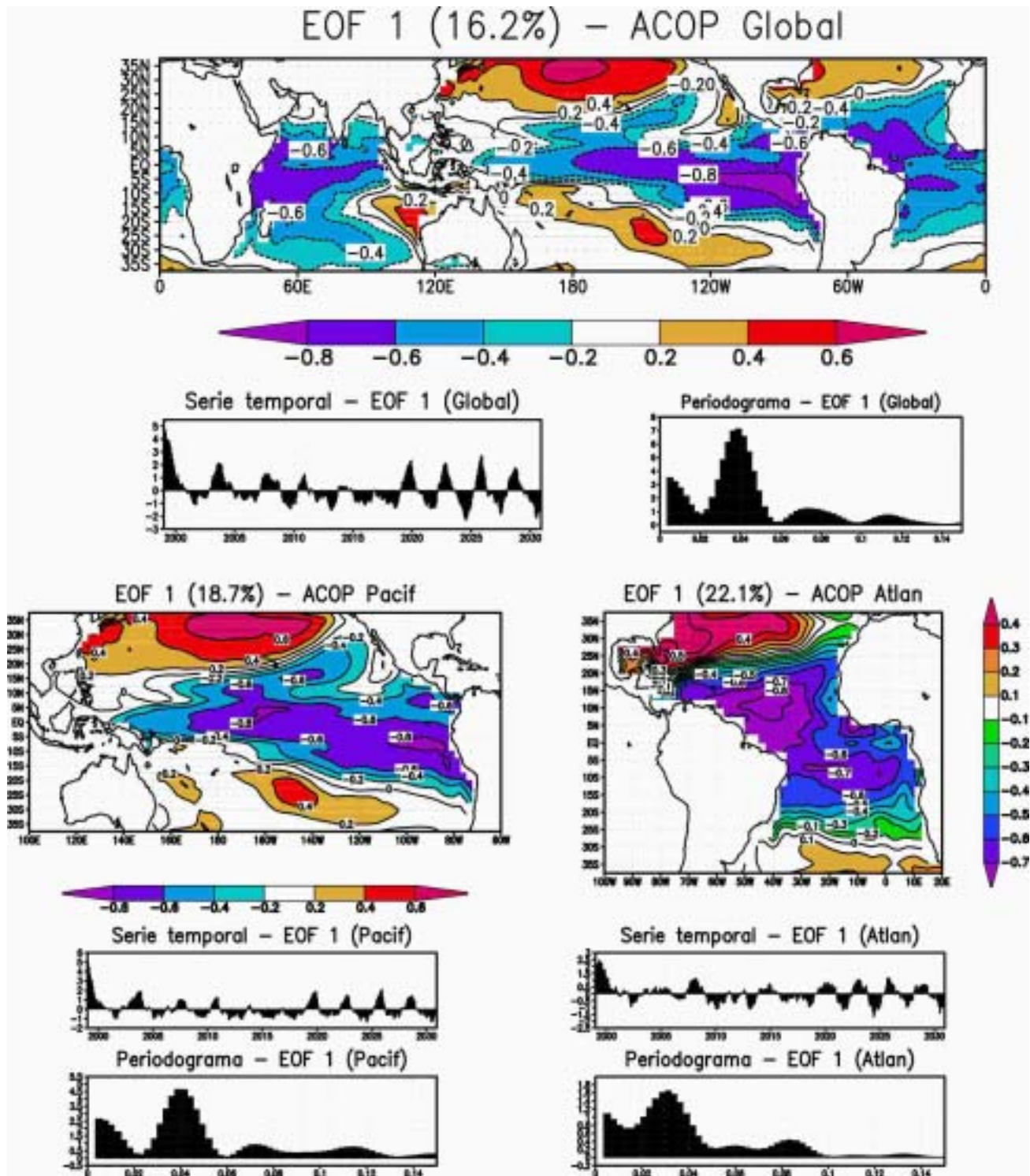


Figura 3: Primeira componente do cálculo de EOF para os valores de anomalias de TSM normalizadas do modelo acoplado. Estão representados os casos Global (todos os oceanos), apenas o Pacífico e apenas o Atlântico.

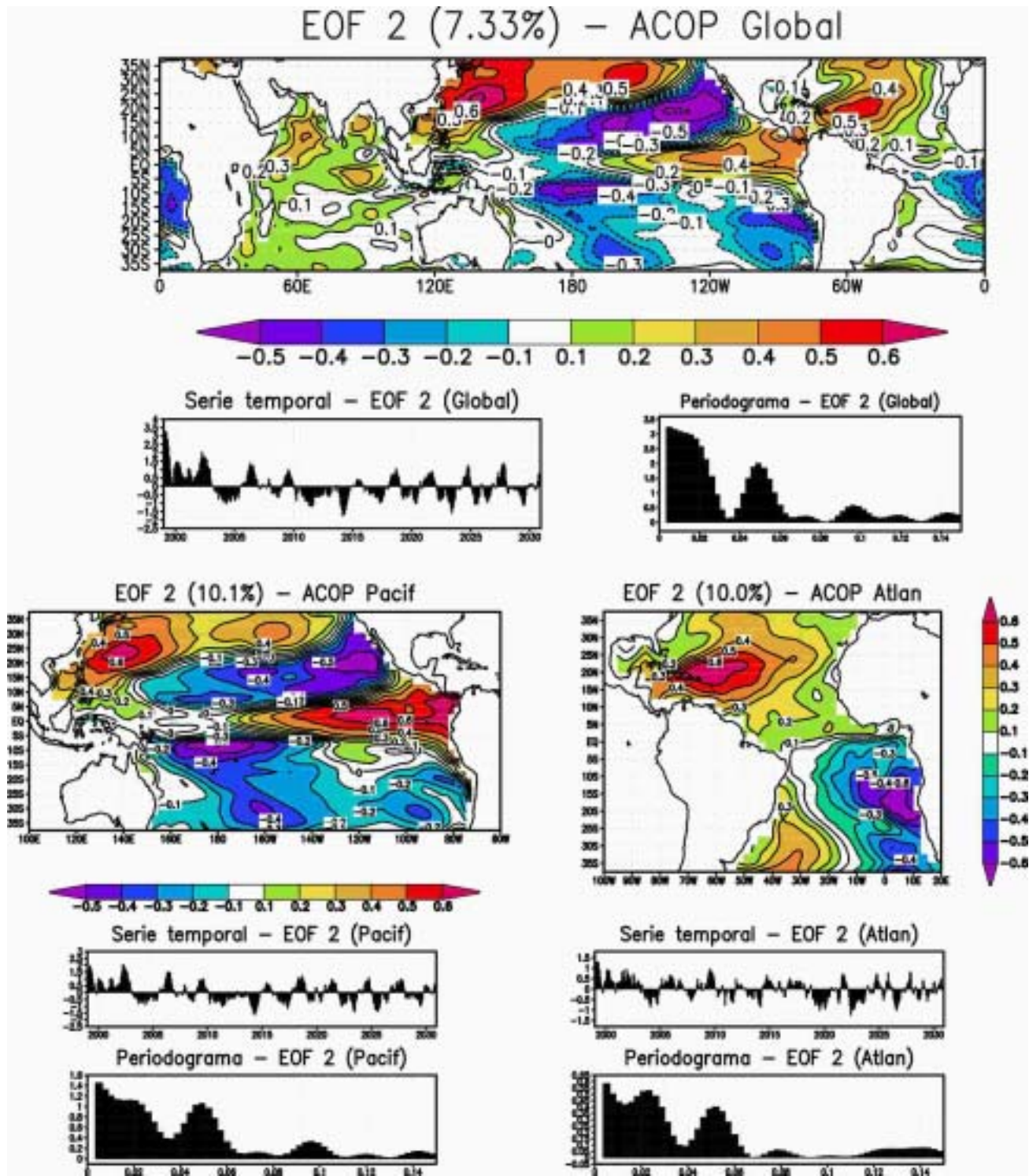


Figura 4: Segunda componente do cálculo de EOF para os valores de anomalias de TSM normalizadas do modelo acoplado. Estão representados os casos Global (todos os oceanos), apenas o Pacífico e apenas o Atlântico.